

Е. Д. Солнцева, Н. Б. Лошкарев

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
elizaveta.solntseva@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТИВНОЙ СКОРОСТНОЙ ГОРЕЛКИ ГРС-150

В работе представлены конструкция и принцип работы рекуперативной скоростной горелки ГРС-150, а также результаты компьютерного моделирования процессов горения и теплообмена с использованием программного комплекса ANSYS.

Ключевые слова: рекуперативная горелка; энергосбережение; горение; топливо; компьютерное моделирование.

RESEARCH OF WORK OF THE GRS–150 RECUPERATIVE HIGH- SPEED BURNER

E. D. Solntseva, N. B. Loshkarev

Ural Federal University, Yekaterinburg

The paper presents the design and operation principle of the recuperative high-speed burner GRS-150, as well as the results of computer simulation of the processes of combustion and heat exchange using the ANSYS software package.

Key words: recuperative burner; energy saving; combustion; fuel; computer simulation.

В настоящее время на промышленных предприятиях вопросам энерго- и ресурсосбережения уделяется особое внимание. В процессе работы металлургических печей значительная доля теплоты теряется с продуктами сгорания и, лишь сравнительно небольшая часть может быть полезно использована. Для сокращения расхода топлива используют рекуперативные и регенеративные горелки, которые имеют значительный потенциал энергосбережения.

В стационарных теплообменниках воздух подогревается до сравнительно невысоких температур, порядка 600 °С. К тому же, рекуператоры, как правило, имеют большие габаритные размеры и требуют дополнительную разводку трубопровода горячего воздуха по всей печи, что приводит к тепловым потерям при транспортировке горячих газов.

Использование рекуперативных и регенеративных горелок обеспечивает подогрев воздуха до 800 °С при рабочих температурах процесса 1000–1300 °С. При этом экономия топлива может составлять до 60 %, обеспечивается глубокая утилизация теплоты, снижаются текущие затраты при эксплуатации печи и затраты на строительство печи, ввиду отсутствия необходимости рекуператора.

ОАО «ВНИИМТ» была разработана скоростная рекуперативная горелка ГРС-150 (рис. 1), которая обеспечивает более высокий подогрев воздуха, в сравнении с существующими аналогами [1].

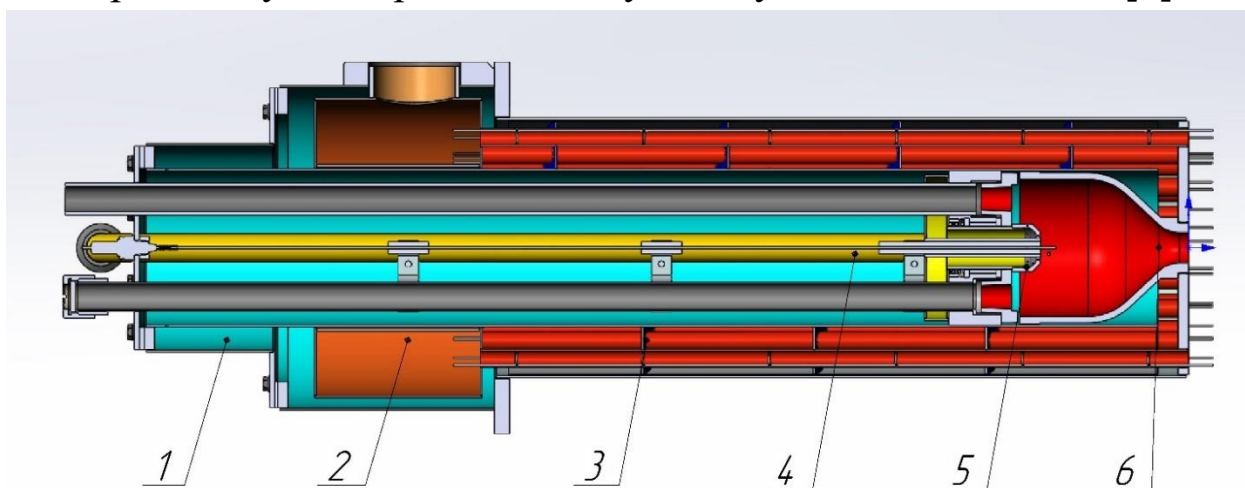


Рис. 1. Скоростная рекуперативная горелка ГРС-150:

- 1 – патрубок подвода воздуха; 2 – патрубок для отвода продуктов сгорания;
- 3 – трубчатый теплообменник; 4 – коллектор подвода газа; 5 – газовое сопло;
- 6 – керамическая камера сгорания

ГРС-150 предназначена для сжигания природного газа в нагревательных и термических печах, обеспечивая глубокую утилизацию теплоты дымовых газов для подогрева воздуха, идущего на горение.

Горелка работает следующим образом: газ истекает из сопла в камеру горения, где смешивается с частью воздуха, подогретого в

теплообменнике до высокой температуры, и сгорает частично в камере сгорания. Остальной воздух подается через кольцевой зазор между соплом камеры сгорания и торцевой стенкой горелки и, смешиваясь с продуктами неполного горения, дожигает топливо в рабочем пространстве печи.

Продукты сгорания удаляются из внутреннего пространства печи через рекуператор горелки, за счет эжекции холодным воздухом в эжекторе, входящем в комплект горелки [1].

Для достижения большей эффективности внутри теплообменных трубок установлены турбулизаторы, которые турбулизируют поток дымовых газов, способствуют образованию вихрей, таким образом, эффективность теплосъема значительно возрастает.

Также конструкцией предусмотрено тангенциальное движение воздуха в корпусе горелки. Это сделано с целью увеличения интенсивности теплообмена, благодаря поперечному омыванию теплообменных труб.

Кроме повышения эффективности ГРС-150 дает более низкие выбросы вредных веществ в атмосферу.

Снижение образования NO_x происходит благодаря двухстадийному сжиганию топлива. На первой стадии в камеру сгорания подается 100 % топлива и около 40 % воздуха, вследствие чего топливо сгорает с недостатком кислорода, происходит интенсивное образование CO , что затрудняет образование оксидов азота. На второй стадии оставшийся воздух выходит через отверстие вокруг основания струи, сначала смешивается с печными газами, а затем попадает в основание струи, в результате чего происходит дожигание топлива при сравнительно низких температурах, что также способствует уменьшению образования оксидов азота.

Для определения основных показателей работы горелки ГРС – 150 были проведены эксперименты на испытательном стенде и компьютерное моделирование процесса горения и процесса теплообмена с использованием модуля ANSYS CFX. В результате были получены: температура подогрева воздуха, температура

продуктов сгорания на выходе из горелки, расход продуктов сгорания, поле температур в объеме воздуха, температурное поле факела, поля концентраций основных компонентов горения.

Температура воздуха увеличивается постепенно по ходу его движения и достигает максимального значения 828 °С (рис. 2). Неравномерность распределения температуры связана с тем, что воздух движется по спирали.

Максимальная температура в факеле составила 2241 °С (рис. 3).

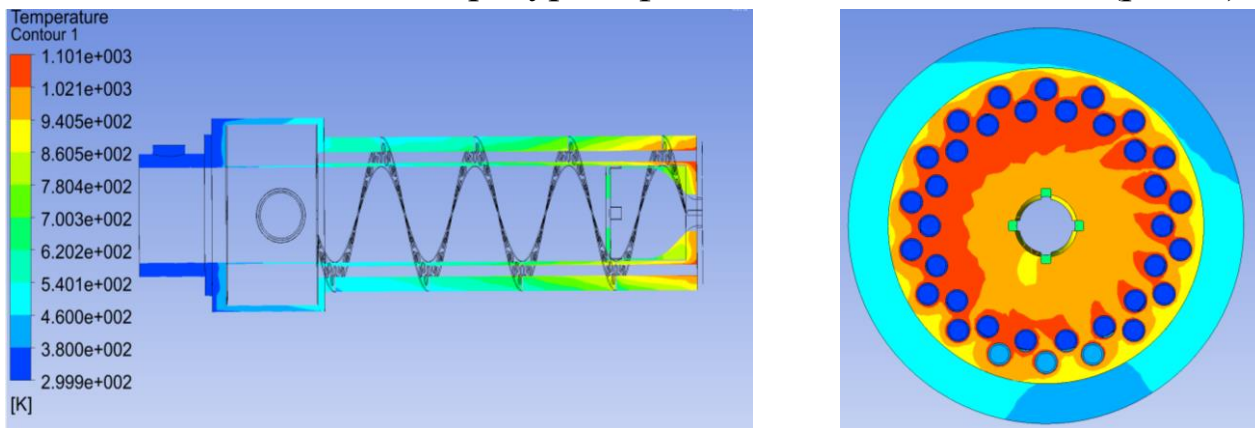


Рис. 2. Температурное поле в потоке воздуха

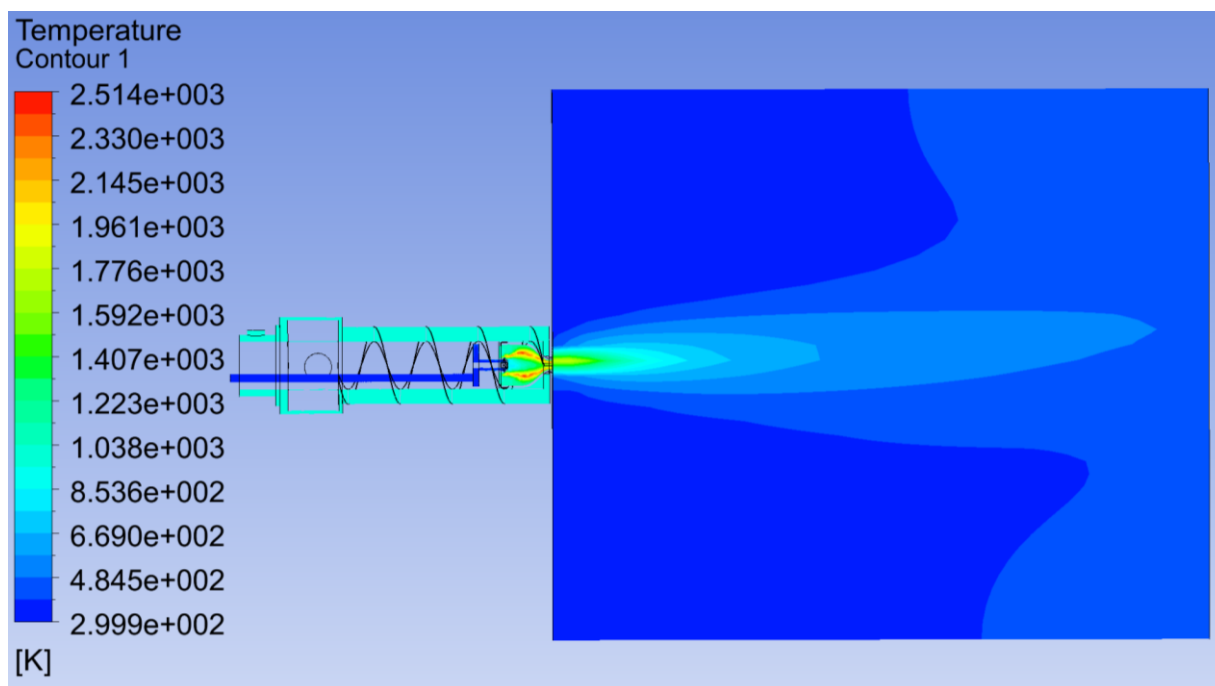


Рис. 3. Температурное поле факела

Максимальная концентрация CH_4 наблюдается в газовой трубе. Метан частично сгорает и подвергается диссоциации, поэтому по

мере выхода из газового сопла концентрация падает, а на срезе сопла камеры горения его не наблюдается (рис. 4).

Интенсивное образование СО в камере горения связано с тем, что на первой стадии топливо сгорает с недостатком кислорода. Данный компонент сгорает позже всего, поэтому в нашем случае по нему определяют длину факела, она составила 3 калибра (рис. 5).

Образование NO происходит в камере горения, концентрация на выходе из горелки незначительна (рис. 6).

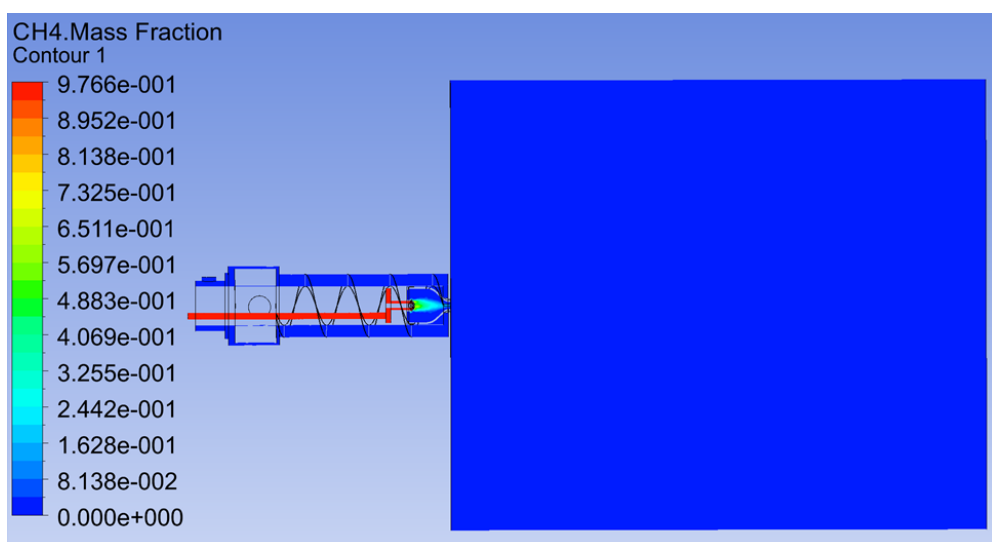


Рис. 4. Массовая доля CH_4

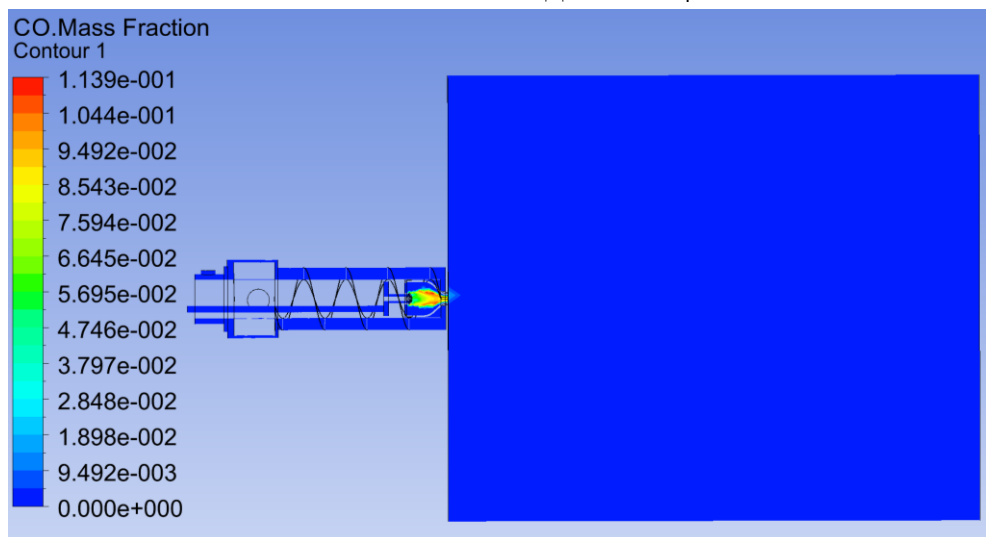


Рис. 5. Массовая доля СО

В таблице представлено сравнение результатов, полученных на испытательном стенде и в ходе компьютерного расчета.

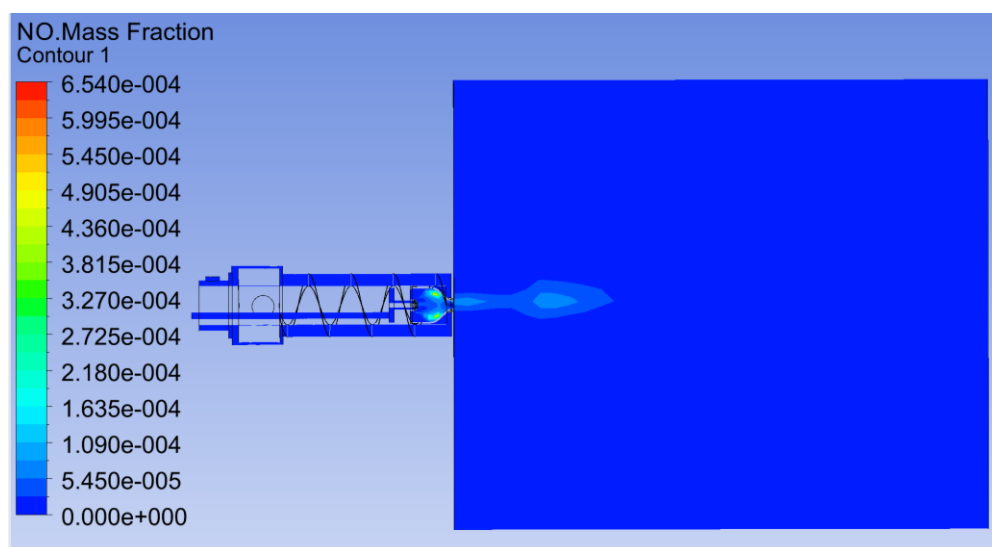


Рис. 6. Массовая доля NO

Сравнение полученных результатов

Величина	Результаты компьютерного моделирования	Результаты, полученные на испытательном стенде
Температура подогрева воздуха (в месте установки термопары), °C	710	730
Температура продуктов сгорания на выходе из горелки, °C	272	261
Максимальная температура горения, °C	2241	Не удалось измерить
Расход продуктов сгорания, м ³ /ч	323	350

Из таблицы видно, что расхождение полученных данных небольшое. Различие температур подогрева воздуха составило около 3 %, отличие температур продуктов сгорания на выходе из горелки составляет 4 %, расходы продуктов сгорания отличаются на 8 %. Таким образом можно сделать вывод о достаточно высокой точности компьютерного моделирования при проведении инженерных расчетов горения и теплообмена.

Список использованных источников

1. Руководство по эксплуатации горелки ГРС-150. Екатеринбург : ООО Научно-производственная фирма «Горелочный центр». URL: <http://www.burncenter.ru/> (дата обращения: 20.11.2018).